Identification, répartition spatio-temporelle et caractérisation génétique des alevins de Muges ensemencés dans les retenues de barrages tunisiennes

par

Sami MILI* (1, 2), Nawzet BOURIGA (3), Rym ENNOURI (2),
Houcine LAOUAR (4) & Hechmi MISSAOUI (5)

© SFI
Received: 1 Apr. 2012
Accepted: 9 Apr. 2013
Editor: E. Dufour

Key words
Mugilidae
Tunisia
Fry
Dams
Spatiotemporal distribution
Genetic characterization
Fish farming

Résumé. – L'empoissonnement des barrages par des mugilidés est le principal moyen adopté en Tunisie pour assurer la continuité de la pisciculture continentale. La détermination des périodes d'abondance de certaines espèces revêt une priorité pour la réussite des opérations de récolte des alevins de muges. En effet, la ressemblance entre les alevins de Mugilidae et la dépigmentation de certaines espèces posent un problème pour l'identification des spécimens. Les analyses phylogénétiques ont montré que les populations de muge dépigmentées sont les plus proches génétiquement de l'espèce *Liza aurata*. Elles ont aussi montré la robustesse d'un critère de différenciation entre *Liza ramada* et *L. aurata,* fondé sur la présence d'une ou deux bandes transversales de chromatophores à la base des rayons de la nageoire caudale. L'analyse spatio-temporelle des alevins de muges pêchés dans les différentes stations montre que l'abondance d'une espèce donnée, favorable à la récolte des alevins, est limitée dans le temps et dans l'espace. Pour *Mugil cephalus,* la période favorable à la récolte s'étale de fin septembre à mi-décembre ; pour *L. aurata* elle est entre janvier et mars, alors qu'elle est comprise entre février et avril pour *L. ramada*.

Abstract. – Identification, spatiotemporal distribution and genetic characterization of grey mullet fry in Tunisian dams.

Stocking dams by Mugilidae is the principal mean adopted to ensure continuity and development of fish farming in Tunisia. Knowledge of the periods of abundance of each species is essential for the successful capture of mullet fry and for avoiding confusion between species. The great similarity between the mugid fry and the depigmentation of some juveniles are the main issues. Genetic analysis was practiced to obtain a morphological criterion to differentiate *Liza ramada* from *L. aurata* and to identify depigmented fry. The spatiotemporal analysis of mullet fry caught in the various stations showed that the station Raoued is characterized by a high abundance of *Mugil cephalus* in September, while *L. aurata* is dominant in October. From January to May, *L. ramada* is abundant with the presence of *L. saliens* only in January. At Medjerda, *L. aurata* was abundant in October. *M. cephalus* abundance was low and that of *L. ramada* high from February to April. For stations P4 and drawbridge, *L. ramada* is commonplace between March and April. In the stations Hesyene and Maftouh El Maki, *L. ramada* is abundant in April. The phylogenetic analyses showed that the depigmented juveniles belong to *L. aurata*. They also showed the presence of two or single band of chromatophores at the beginning of the caudal fin is a robust criterion to discriminate between *L. aurata* and *L. ramada*. The analysis of mullet fry in different stations shows that fry abundance was limited to short periods. *M. cephalus* is abundant from late September to mid-December and from January to March for *L. aurata*, while it is between February and April for *L. ramada*.

Les muges sont des poissons de la famille des mugilidés qui vivent en bancs dans les eaux côtières. La structuration de ce taxon, malgré les avancées permises par les travaux moléculaires, est encore mal résolue (Durand *et al*., 2012). Les nombreuses études réalisées sur les muges ont révélé une large capacité d'adaptation à des milieux très différents. Ce sont des poissons euryhalins et eurythermes qui fréquentent les lagunes et les embouchures d'oueds, où ils passent la majeure partie de leur vie trophique. La large répartition géographique des muges les soumet à une activité de pêche intense utilisant des engins de capture variés. De plus, l'aquaculture ne cesse de se développer et constitue une activité à intérêt socio-économique soutenu (Gautier et Hussenot, 2005). L'élevage des muges sur de telles bases avait déjà été proposé en Tunisie par Pillai (1975). Les Mugilidae sont représentés par 25 genres (Durand et *al*., 2012). Cinq espèces seulement existent en Tunisie : *Mugil cephalus, Chelon labrosus, Liza aurata, L. saliens* et *L. ramada*.

Les mugilidés présentent un grand intérêt économique et, même si les quantités pêchées sont loin d'être complè-

(1) Unité exploitation des milieux aquatiques, Institut supérieur de pêche et d'aquaculture de Bizerte, BP 15, 7080 Menzel Jemil, Tunisie.
(2) Institut national des sciences et technologies de la mer, 28 rue 2 mars 1934 Salammbô, 2025, Tunisie. [rymenvmarin@yahoo.fr]
(3) Unité de biologie marine, Faculté des sciences de Tunis, 2092 Campus universitaire, Tunisie. [hanounawsset@live.fr]
(4) Centre technique d'aquaculture, 5 rue du Sahel Montfleury, 1009 Tunis, Tunisie. [houcine.laouar@laposte.net]
(5) Direction générale de la pêche et de l'aquaculture, 30 rue Alain Savary, 1002, Tunisie. [missaoui.hechmi@inat.agrinet.tn]
* Corresponding author [sami_mili@yahoo.fr]

tement répertoriées, les captures en Méditerranée pourraient atteindre plusieurs milliers de tonnes (FAO, 2010). En Tunisie, des efforts sont actuellement déployés pour développer les activités d'élevage en milieu continental, en particulier par l'empoissonnement des retenues de barrages par différentes espèces. Cette action constitue une base possible pour l'établissement d'une activité piscicole extensive, ce qui permettrait de créer des emplois dans les régions défavorisées et d'approvisionner les populations riveraines en poissons frais. Les muges sont parmi les principales espèces exploitées dans les barrages tunisiens qui constituent des écosystèmes assez proches du milieu naturel des alevins. Leur élevage repose sur la récolte des alevins en milieu naturel. Les espèces les plus recherchées pour l'aquaculture sont *M. cephalus* et *L. ramada* en raison de leur euryhalinité et de leur croissance rapide en eau douce. En revanche, *L. aurata* et *C. labrosus* ont une croissance moindre dans les retenues de barrages (Heldt, 1948). *L. saliens* est une espèce déconseillée en raison d'une croissance trop lente et d'une taille maximale peu importante (Sarig, 1981 ; Ardizzone *et al*., 1988 ; Cataudella *et al*., 1988). La récolte des alevins de muges se fait par captage ou pêche des alevins, au niveau des communications mer-lagune, par des équipes de pêcheurs spécialisés du Centre Technique d'Aquaculture (CTA) qui assure aussi l'ensemencement de 9 millions d'alevins par an dans 25 grands barrages en plus des lacs collinaires. Les alevins capturés doivent être immédiatement identifiés, acclimatés et transportés directement vers les retenues de barrages pour être ensemencés. L'identification des alevins de muges doit être précise afin d'alimenter les barrages présentant des carences en certaines espèces. Pour stimuler le développement de cette activité aquacole et donner plus d'envergure à l'aquaculture continentale et pour que cette opération puisse durer (FAO, 1983), il faut résoudre certains problèmes d'identification des espèces d'alevins de muges ensemencés dans les barrages tunisiens.

Les critères d'identification anatomique et morphologique des alevins de muges sont semblables à ceux des adultes, mais d'utilisation plus délicate. De nombreux critères distinctifs chez les adultes (membrane adipeuse de l'œil, longueur relative des nageoires pectorales, épaisseur et structure de la lèvre supérieure,…) ne sont pas encore bien établis. Les difficultés les plus communes sur le terrain sont l'incapacité d'identifier des spécimens totalement dépigmentés et l'absence de caractères morphologiques distinctifs entre *L. aurata* et *L. ramada*. De plus, l'identification de certaines espèces, notamment celles du genre *Liza,* basée sur la pigmentation (Cambrony, 1984), n'a en fait jamais été vérifiée.

L'objectif de ce travail est de fournir une clé d'identification des alevins de muges facilement utilisable sur le terrain. Pour cela, nous avons utilisé une analyse génétique pour différencier les alevins de *L. ramada* de ceux de *L. aurata,* ainsi que pour l'identification des alevins dépigmentés issus de la station Pont Mobile (PM). De plus, la répartition spatio-temporelle des alevins de muges dans la région nord-est de la Tunisie a été analysée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les alevins de muges ont été collectés au niveau des embouchures de la majorité des oueds, des lagunes et des effluents côtiers dans la région nord de la Tunisie (Fig. 1). Le site de collecte le plus important est situé au niveau de l'oued Medjerda, il regroupe la station "Pont Mobile" (PM) (37°01'08 N, 10°04'31 E) et celle de l'embouchure de l'oued (37°00'42 N, 10°11'34 E). Les principaux autres sites de collecte sont : Maftouh El Makki (37°03'20 N, 10°10'23 E), porte 4 (P4) (37°04'25 N, 10°09'52 E) et les

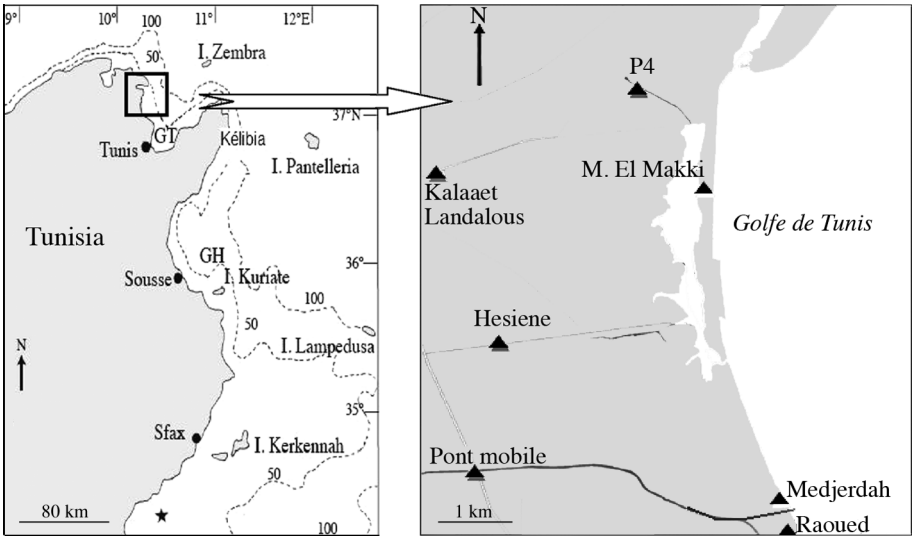

Figure 1. - Carte des zones de collectes des alevins de muges. *[Map of collection areas for the mullet fry.]*

Tableau I. - Données relatives aux séquences utilisées lors des analyses phylogénétiques. A : Océan Atlantique ; M : Mer Méditerranée ; P : Océan Pacifique. *[Sequence data used in phylogenetic analyses. A: Atlantic Ocean; M: Mediterranean Sea; P: Pacific Ocean.]*

Espèces	Code Genbank	Site de collecte	Références
Liza aurata	EU122432 EU122433 EU122434	M : Tunisie, îles Kuriat	Trabelsi et *al*., 2008
	EU224057	A: France, Bretagne Sud	www.fishtrace.org
	EF439541	M: Espagne	www.fishtrace.org
Chelon labrosus	EF427545 EF427544	M: Espagne, mer Cantabrique	www.fishtrace.org
	DQ197935	A : Espagne, îles Canaries	Pescabase: Genetic catalog of Spanish marine fish
Liza saliens	EU715507 EU715505	A : Espagne	Heras et *al*., 2009
Liza ramada	EU224058 EU224059	A : France, Pertuis d'Antioche	www.fishtrace.org
Mugil cephalus	EU122430	M : France, golfe du Lyon, Sète	Trabelsi et *al*., 2008
	EU036449 EU036450	M : Grèce, Kavala	www.fishtrace.org
	EU036450	P : Chili	Fraga et *al*., 2007

stations de Raoued (36°59'05 N, 10°12'22 E) et oued Hesiene (37°02'28 N, 10°09'23 E). Les alevins ont été capturés à l'aide de filets du type senne italienne modifiée ou "trattina". Deux techniciens à pied maintiennent les extrémités du filet, encerclant le banc d'alevins préalablement repéré a l'œil nu. Ce dernier est dirigé vers le sac du filet où il sera accumulé pour assurer un transfert rapide. Les alevins sont alors immédiatement récoltés et déversés dans une cuve de 1 m^3, bien oxygénée. La quantité d'oxygène injectée est dépendante de la charge en alevins. L'eau utilisée pour le transport provient toujours de la station de collecte des alevins. Ces derniers sont transportés jusqu'aux barrages où ils seront déversés.

Une fois arrivés au barrage, les alevins sont acclimatés par le déversement de quelques seaux d'eau en provenance du barrage. Cette méthode simple a montré son efficacité pour l'acclimatation des alevins de muges. Après 30 min permettant de minimiser les chocs thermique et osmotique en équilibrant la salinité et la température, les alevins sont déversés dans le barrage. Un échantillon représentatif de la quantité totale d'alevins capturés (généralement 1%) est collecté dans des bouteilles qui sont congelées (-20°) en attendant leur identification morphologique et moléculaire au laboratoire.

Analyse moléculaire et génétique

L'ADN est extrait en utilisant la méthode de Trabelsi *et al*. (2002). Sur chaque individu conservé dans l'alcool, nous avons prélevé environ 0,15 cm^2 de la nageoire caudale. Une région de 376 paires de base du gène codant le cytochrome b, a été amplifiée par PCR en utilisant les amorces : Sens 5'-AGCCTACGAAAACCCACCC-3' (Meyer *et al*., 1990) et Antisens 5'-AAACTGCAGCCCCTCAGAATGATATTTGTCCTCA-3' (Cantatore *et al*., 1994).

Pour chaque individu, les réactions de PCR sont effectuées dans 50 μl de mélange réactionnel contenant 50 ng d'ADN matrice, 0,2 μM de chaque amorce, 2,0 U. HiTaq polymérase, 0,2 mM de dNTPs et 5 μl de tampon (Bioprobe). L'ADN amplifié est vérifié par migration sur un gel d'agarose, puis séquencé. Les séquences sont alignées à l'aide de BioEdit (Hall, 1999). Les analyses de reconstruction phylogénétique sont effectuées par la méthode du maximum de vraisemblance (Saitou et Nei, 1987) avec une matrice basée sur la distance à deux paramètres (Kimura, 1980) présente dans le logiciel de construction d'arbres phylogénétiques MEGA 4.0.2 et moyennant une approche par recherche heuristique de PAUP (Swofford, 1998).

Les analyses de la reconstruction phylogénétique sont effectuées en se basant sur plusieurs séquences du gène du *cytochrome b* extraites de la banque de gènes appartenant aux espèces suivantes : *M. cephalus, L. ramada, L. aurata, L. saliens* et *C. labrosus* (Tab. I).

Des séquences de *cytochrome b* issues des populations de muges des stations PM et P4 ont été obtenues pour les groupes d'alevins suivants (isolats) :

- Isolat 1 et 2 PM-DP TUN 2011 (alevins dépigmentés de la station PM) ;
- Isolat 1B-PM TUN 2011 et Isolat 2 1B-P4 TUN 2011(alevins présentant une seule bande de chromatophores au départ de la nageoire caudale) ;
- Isolat 1 2B-PM TUN 2011 et Isolat 2 2B-P4 TUN 2011 (alevins présentant deux bandes de chromatophores au départ de la nageoire caudale).

Analyse spatio-temporelle

L'Analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée uniquement aux stations Raoued et Medjerda qui présentent une fréquence de présence d'alevins de muges largement répartie dans le temps. De plus, ces deux stations présentent le stock le plus important en alevins de mugilidés dans la région nord de la Tunisie. Ainsi, les échantillons collectés ont été suffisants pour réaliser des analyses statistiques fiables. Le reste des stations de collecte d'alevins n'ont pas fait l'objet d'échantillonnages suffisants pour permettre de déterminer avec précision les fréquences de présence, en raison de leur présence ponctuelle et très limitée dans le temps.

Pour déterminer de manière précise les périodes d'abondance pour chaque espèce, on a procédé à une Analyse en composantes principales (ACP) en utilisant le logiciel STATISTICA 8.0.

RÉSULTATS

Analyse génétique

Le complexe des muges est divisé en trois clades ((BP) ≥ 99%). Si l'on ne tient pas compte des alevins, deux clades ne comprennent que les séquences d'une seule espèce (*M. cephalus* et *L. ramada*), et le dernier clade se subdivise en trois groupes monophylétiques constitués par les espèces *L. saliens, L. aurata* et *C. labrosus* (Fig. 2). Chaque groupe monospécifique est très fortement soutenu statistiquement (BP = 100). Le deuxième clade de l'arbre phylogénétique est uniquement constitué de séquences de *L. ramada* de France et des haplotypes appartenant aux populations présentant une seule bande au départ de la nageoire caudale (stations Porte 4 et Pont mobile). Ces populations forment un groupe monophylétique qui présente des pourcentages de bootstrap élevés. Le dernier groupe est divisé en deux sous-groupes dont l'un contient les séquences de populations de muges dépigmentées provenant de la station PM et *L. aurata* d'Espagne qui présente des valeurs de bootstrap de l'ordre de 96%. Le deuxième sous-groupe est constitué d'haplotypes appartenant aux muges présentant une barre transversale de chromatophores, doublée par une barre en arc de cercle, des stations P4 et Pont mobile, ainsi que *L. aurata* de Tunisie et de France. La présence d'une barre transversale de chromatophores doublée par une barre en arc de cercle au départ de la nageoire caudale pour *L. aurata,* et la présence d'une seule bande transversale de chromatophores au départ des rayons de la nageoire pour *L. ramada* constituent donc un critère de différenciation des deux espèces. Les haplotypes des alevins se groupent avec les séquences des deux espèces du genre *Liza* ne modifiant pas la valeur respective de bootstrap (BP : 100). Il n'y a aucune différenciation significative des populations de différents sites de collecte ce qui peut être dû à des flux de gènes entre les populations. Pour les populations dépigmentées et celle de *L. aurata*, l'absence de bifurcation selon les analyses du maximum de vraisemblance permet clairement de regrouper ces deux populations (BP = 96%).

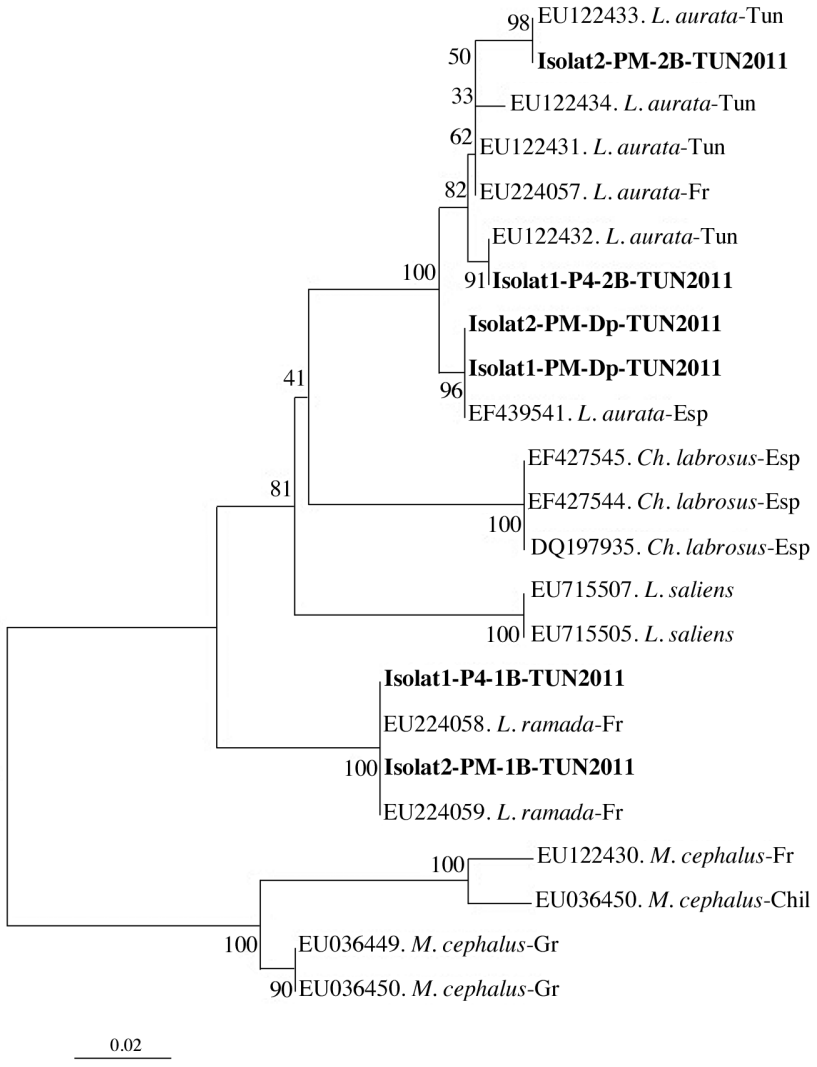

Figure 2. - Arbre phylogénétique en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance. (Les valeurs de bootstrap (BP) sont données pour chaque nœud si la valeur est supérieure à 50 en pourcentage). *[Phylogenetic tree using the maximum likelihood method. Bootstrap values (BP) are provided for each node if the value is greater than 50 percent).]*

Pour l'analyse phylogéographique des alevins de muges, les séquences partielles de *cytochrome b* de populations tunisiennes présentant une seule bande au départ de la nageoire caudale se positionnent avec celles de l'espèce *L. ramada*. Les populations présentant une barre transversale de chromatophores doublée par une barre en arc de cercle ainsi que les populations dépigmentées se positionnent avec l'espèce *L. aurata*. Une petite portion d'un gène mitochondrial approprié peut donc permettre de positionner spécifiquement des alevins de muges.

Analyse spatio-temporelle des alevins de muges

Les deux composantes principales contribuent pour 79,83% de la variance totale de l'ACP pour les poissons de la station Raoued (Figs 3, 4). La première composante principale, qui contribue pour 51,41% est caractérisée par une contribution positive et élevée de *L. ramada* et par une contribution négative et élevée de *M. cephalus*. La deuxième composante principale, qui contribue pour 28,42% dans la variance totale, est caractérisée par une contribution négative et faible de *L. aurata* et de *L. saliens*. Le mois de septembre est caractérisé par une abondance de l'espèce *M. cephalus*. En octobre, *L. aurata* est l'espèce abondante (Figs 3, 4). Les mois de février, mars, avril, mai, novembre et janvier sont caractérisés par une abondance de l'espèce *L. ramada* alors qu'en janvier l'espèce *L. saliens* présente une abondance relativement importante.

A la station Medjerda, les deux composantes principales de l'ACP contribuent pour 100% de la variance totale (Figs 5, 6). La première composante principale, qui contribue pour 99,99% de la variance totale, est caractérisée par une contribution positive élevée de *L. ramada* et négative et élevée de *L. aurata*. Selon cette analyse, les mois de février, mars et avril peuvent être groupés ensemble. Le mois d'octobre est caractérisé par une grande abondance de *L. aurata* et par la présence de *M. cephalus* en faible quantité. Pendant la période allant de février à avril, *L. ramada* est l'espèce la plus présente.

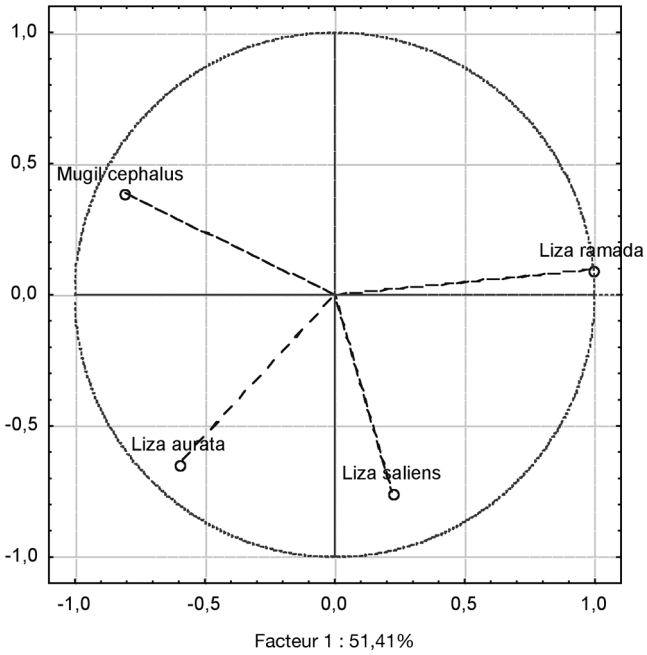

Figure 3. - Contribution des espèces étudiées dans la Composante principale appliquée à la station Raoued. *[Loading of species on the Principal Components applied to Raoued station.]*

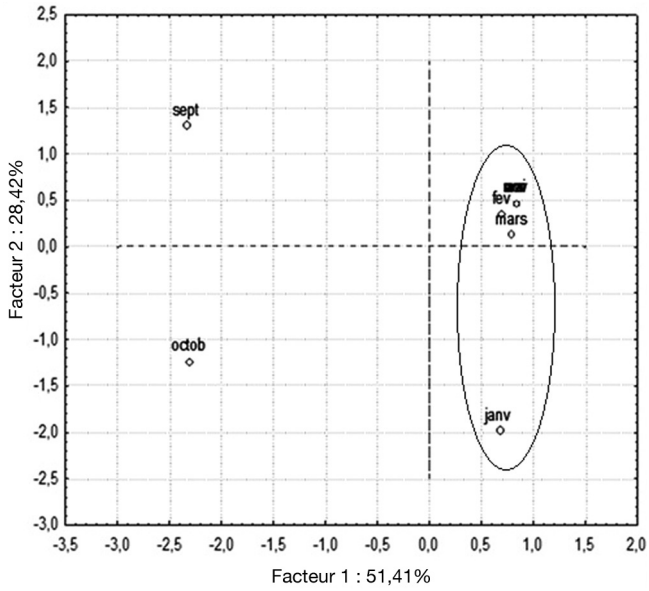

Figure 4. - Contribution des mois dans la Composante principale appliquée à la station Raoued. *[Loading of months on the Principal Components applied to Raoued station.]*

DISCUSSION

Nos analyses moléculaires ont permis de mettre en place une clé d'identification facile à appliquer sur le terrain par les responsables des opérations de pêche d'alevins avant de passer à l'ensemencement dans les retenues de barrages. Nos résultats sont cohérents avec plusieurs autres études qui, sur la base de paramètres morphologiques et moléculaires, ont permis d'identifier des juvéniles de muges (Trabelsi *et al*., 2008). La structuration phylogénétique est comparable à celle qui est présentée dans les autres publications sur la phylogénie des mugilidés (Aurelle et *al*., 2008 ; Heras et *al*., 2009 ; Durand et *al*., 2012). Toutefois, de nombreuses questions concernant le positionnement intra-générique et intra-spécifique restent sans réponse et seules des études portant sur un nombre élevé d'individus d'origine différente et combinant l'utilisation de marqueurs nucléaires (microsatellites) peuvent permettre de résoudre les positionnements aux niveaux spécifiques voire populationnels de ce taxon. Des

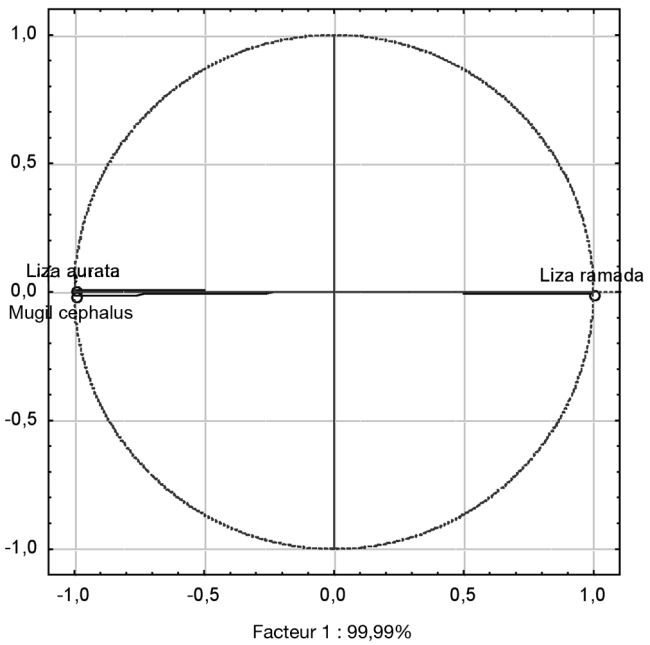

Figure 5. - Contribution des espèces étudiées dans la Composante principale appliquée à la station Medjerda. *[Loading of species on the Principal Components applied to Medjerda station.]*

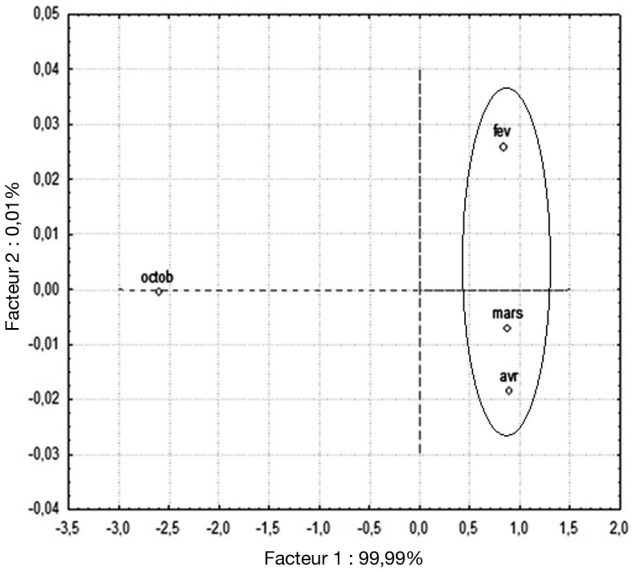

Figure 6. - Contribution des mois dans la Composante principale appliquée à la station Medjerda. *[Loading of months on the Principal Components applied to Medjerda station.]*

travaux de ce type ont par exemple permis l'identification de trois espèces biologiques au sein d'individus du complexe *M. cephalus* à Taiwan (Shen et *al*., 2011). Les marqueurs moléculaires peuvent permettre de détecter des isolements reproductifs au sein d'espèces cryptiques vivant en sympatrie. Cela permet aussi d'infirmer ou de confirmer des introgressions suggérées par l'analyse mitochondriale.

Les conséquences des observations sur l'exploitation des alevins dans la station de Medjerda et Raoued sont de plusieurs ordres. Tout d'abord, il apparaît que les abondances favorables à la récolte des alevins d'une espèce donnée sont souvent limitées à des périodes restreintes. Pour *M. cephalus,* la période favorable à la récolte s'étend de fin septembre à mi-décembre, ce qui correspond à la fin de la période de reproduction de cette espèce (Farrugio, 1975 ; Brusle, 1981 ; Brusle et Brusle, 1977). Dans cette zone d'étude, la période d'abondance maximale des alevins de muges coïncide avec celle qui a été observée précédemment par Vidy et Franc (1987) et par Chauvet (1986). La diminution de la période d'abondance au cours de l'année étudiée (2011) peut s'expliquer par une surexploitation des ressources en alevins ou encore par les changements climatiques ou la pollution dans cette zone (Ennouri, 2012). Pour *L. aurata,* le pic de collecte se situe entre janvier et mars, alors qu'il s'étale entre novembre et avril dans les études précédentes (Chauvet, 1986 ; Vidy et Franc 1987). La période entre février et avril correspond au pic de collecte de *L. ramada* dans les eaux tunisiennes alors que les études antérieures le signale entre janvier et avril (Farrugio, 1975 ; Chauvet, 1986 ; Vidy et Franc, 1987). *L. saliens* n'a pas présenté d'abondances exceptionnelles dans la station de Medjerda mais elle présente de fortes abondances en septembre pour la station de Raoued. Les travaux signalant des abondances importantes de cette espèce indiquent que la meilleure période de pêche s'étale du mois de mai au mois d'octobre. Pour la station P4, *L. ramada* est l'espèce la plus abondante dans les échantillons prélevés entre mars et avril. En ce qui concerne les stations Maftouh El Maki et Hesyene, *L. ramada* est abondante en avril, alors qu'elle est présente au niveau du pont mobile entre le mois de mars et avril. La détermination précise des périodes d'abondance de chaque espèce est primordiale pour la réussite des opérations de récolte et pour éviter la confusion des espèces.

En conclusion, l'identification moléculaire des divers membres de la famille des Mugilidae présente un grand intérêt fondamental mais aussi appliqué, car ces poissons sont parmi les principales espèces exploitées dans les barrages tunisiens. Ces espèces représentent la majeure partie des alevins ensemencés dans ces retenues d'eau et leurs débarquements sont les plus importants. La présente étude a permis de mettre en place une clé d'identification, facile à appliquer sur le terrain en prenant en considération la répartition spatio-temporelle et les critères morphologiques simples des alevins de chaque espèce. Ce travail a fourni une base de données pour l'identification morphologique des alevins de muges en Tunisie. La documentation des périodes et des lieux, où les alevins de chaque espèce sont les plus abondants, revêt une importance primordiale pour la réussite des opérations de récolte.

Remerciements. – Nous remercions le Centre technique d'aquaculture (Tunisie) qui a mis ses équipes à notre disposition pour la réalisation de ce travail. Nous remercions aussi les arbitres pour les améliorations apportées à la version initiale du manuscrit.

RÉFÉRENCES

ARDIZZONE G.D., CATAUDELLA S. & ROSSI R., 1988. - Management of coastal lagoon fisheries and aquaculture in Italy. *FAO Fish. Tech. Pap.,* 293: 1-103.

AURELLE D., BARTHELEMY R., QUIGNARD J.P., TRABELSI M. & FAURE E., 2008. - Molecular phylogeny of Mugilidae (Teleostei: Perciformes). *Open Mar. Biol. J.,* 2: 29-37.

BRUSLÉ J., 1981. - Sexuality and biology of reproduction in grey Mullets. *In:* Aquaculture of Grey Mullet (Oren O.H., ed.), pp. 99-154. Cambridge Univ. Press.

BRUSLÉ J. & S. BRUSLÉ, 1977. - Les muges de Tunisie : pêche lagunaire et biologie de la reproduction de trois espèces (*Mugil capito, Mugil cephalus* et *Mugil chelo*) des lacs d'Ichkeul et de Tunis. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*., 24(5): 101-130.

CAMBRONY M., 1984. - Identification et périodicité du recrutement des juvéniles de Mugilidae dans les étangs littoraux du Languedoc-Roussillon. *Vie Milieu*, 34: 221-227.

CANTATORE P., ROBERTI M., PESOLE G., LUDOVICO A., MILELLA F., GADALETA M.N. & SACCONE C., 1994. - Evolutionary analysis of cytochrome b sequences in some Perciformes evidence for a slower rate of evolution than in mammals. *J. Mol. Evol.,* 39: 589-597.

CATAUDELLA S., CROSETTI D., MASSA F. & RAMPACCI M., 1988. - The propagation of juvenile mullet (*Chelon labrosus*) in earthen ponds. *Aquaculture,* 68: 321-323.

CHAUVET C., 1986. - Exploitation des poissons en milieu lagunaire méditerranéen. Dynamique du peuplement ichtyologique de la lagune de Tunis et des populations exploitées par des bordigues (Muges, Loups, Daurades). Thèse de Doctorat d'État, 555 p. Univ. Perpignan, France.

DURAND J.D., CHEN W.J., SHEN K.N., FU C. & BORSA P., 2012. - Genus-level taxonomic changes implied by the mitochondrial phylogeny of grey mullets (Teleostei: Mugilidae). *C. R. Biol.,* 335: 687-697.

ENNOURI R., 2012. - Suivi des éléments métalliques dans le golfe de Tunis : évaluation au niveau des sédiments et de deux espèces de poissons (le rouget de vase : *Mullus barbatus* et la sardinelle : *Sardinella aurita*). Thèse de Doctorat, 212 p. Faculté des Sciences de Bizerte, Tunisie.

FAO, 1983. - Étude du potentiel aquacole et propositions pour une politique de développement de l'aquaculture en Tunisie. Rapport d'une mission multidisciplinaire TCP/ADCP en Tunisie. Mars-juin 1982. ADCP/MR/83/21. 248 p. Rome: FAO.

FAO, 2010. - The State of World Fisheries and Aquaculture. 191 p. Fishery statistical collections. Rome: FAO.

FARRUGIO H., 1975. - Les muges (Poissons, Téléostéens) de Tunisie. Contribution à leur étude systématique et biologique. Thèse de Doctorat, 201 p. Univ. USTL, Montréal, Canada.

FRAGA E., SCHNEIDER H., NIRCHIO M., SANTA-BRIGIDA E., RODDRIGUES-FILHO L.F. & SAMPAIO I., 2007. - Molecular phylogenetic analyses of mullets (Mugilid Mugiliformes) based on two mitochondrial genes. *J. Appl. Ichthyol.,* 23: 598-604.

GAUTIER D. & HUSSENOT J., 2005. - Les mulets des mers d'Europe : synthèse des connaissances sur les bases biologiques et les techniques d'aquaculture. 120 p. Plouzané: Éditions Quae, Ifremer.

HALL T.A., 1999. - BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp. Ser.,* 41: 95-98.

HELDT H., 1948. - Contribution à l'étude de la biologie des muges des lacs tunisiens. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô,* 41: 1-35.

HERAS S., ROLDAN M.I. & GONZALEZ CASTRO M., 2009. - Molecular phylogeny of Mugilidae fishes revised. *Rev. Fish Biol. Fish.,* 19: 217-231.

KIMURA M., 1980. - A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol*., 16: 111-120.

MEYER A., KOCHER T.D., BASASIBWAKI P. & WILSON A.C., 1990 - Monophyletic origin of Lake Victoria cichlid fishes suggested by mitochondrial DNA sequences. *Nature,* 347: 550-553.

PILLAI T.G., 1975. - Possibilités de l'aquaculture et développement de la pêche en eau douce et saumâtre en Tunisie. *Bull. Pêche Salammbô*, 2: 69-131.

SAITOU N. & NEI M., 1987. - The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol*., 4: 406-425.

SARIG S., 1981. - The Mugilidae in polyculture in fresh and brackish water fishponds. In: Aquaculture of Grey Mullets (Oren O.H., ed.), pp. 391-406. Cambridge Univ. Press.

SHEN K.N., JAMANDRE B.W., HSU C.C., TZENG W.N. & DURAND J.D., 2011. - Plio-Pleistocene sea level and temperature fluctuations in the northwestern Pacific promoted speciation in the globally-distributed flathead mullet *Mugil cephalus*. *BMC Evol. Biol.,* 11: 83.

SWOFFORD D.L., 1998. - Phylogenetic analysis using parsimony (PAUP) Version 4.0. Sunderland, MA: Sinauer.

TRABELSI M., GILLES A., FLEURY C., MAAMOURI F., QUIGNARD J.P. & FAURE E., 2002. - *Atherina punctata* and *Atherina lagunae* (Pisces, Atherinidae), new species found in the Mediterranean Sea. 2. Molecular investigations of three Atherinid species. *C. R. Acad. Sci. Sér. III,* 325: 1119-1128.

TRABELSI M., AURELLE D., BOURIGA N., QUIGNARD J.P., CASANOVA J.P. & FAURE E., 2008. - Identification of juveniles of grey mullet species (Teleostei: Perciformes) from Kuriat Islands (Tunisia) and evidence of gene flow between Atlantic and Mediterranean *Liza aurata*. *Cah. Biol. Mar*., 49: 269-276.

VIDY G. & FRANC J., 1987. - Ressource naturelle en alevins de Mugilidés en Tunisie. 213 p. Rapport scientifique pour le Ministère de l'Agriculture (CGP-INSTOP).